PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

F02D 41/18, 41/14

A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 97/35106

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

25. September 1997 (25.09.97)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE97/00529

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. März 1997 (14.03.97)

(81) Bestimmungsstaaten: BR, CN, CZ, KR, MX, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

196 10 290.1

15. März 1996 (15.03.96)

DE

Veröffentlicht

Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacher Platz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TREINIES, Stefan [DE/DE]; Käthe-Kollwitz-Strasse 65, D-93055 Regensburg (DE). RÖSEL, Gerd [DE/DE]; Meisenweg 3, D-01237 Dresden (DE). ENGL, Maximilian [DE/DE]; Bayerwaldstrasse 9, D-93059 Regensburg (DE).

(54) Title: PROCESS FOR MODEL-ASSISTED DETERMINATION OF FRESH AIR MASS FLOWING INTO THE CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH EXTERNAL EXHAUST-GAS RECYCLING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM MODELLGESTÜTZTEN BESTIMMEN DER IN DIE ZYLINDER EINER BRENNKRAFT-MASCHINE EINSTRÖMENDEN FRISCHLUFTMASSE BEI EXTERNER ABGASRÜCKFÜHRUNG

(57) Abstract

Calculation of the actual fresh air mass flowing into the cylinder makes use of an inlet pipe filling model, the model description being based on a non-linear differential equation. The selected model formulation includes the modelling of the external exhaust-gas recycling of variable inlet systems and systems with variable valve control. This model-assisted load determination can be used with engine control systems based on air mass or inlet pipe pressure. A correction algorithm in the form of a model control loop allows continual improvement in accuracy in cases where the model parameters are inexact, i.e. model equalisation in stationary and non-stationary peration.

(57) Zusammenfassung

Berechnung der tatsächlich in den Zylinder einströmenden Frischluftmasse mit Hilfe eines Saugrohrfüllungsmodells, wobei die Modellbeschreibung auf einer nichtlinearen Differentialgleichung basiert. Der gewählte Modellansatz beinhaltet dabei die Modellierung der externen Abgasrückführung, von variablen Saugsystemen und von Systemen mit variabler Ventilsteuerung. Diese modellgestützte Lasterfassung ist bei luftmassengeführten und bei saugrohrdruckgeführten Motorsteuerungen einsetzbar. Ein Korrekturalgorithmus in Form eines Modellregelkreises gestattet bei Ungenauigkeiten von Modellparametern eine permanente Genauigkeitsverbesserung, d.h. einen Modellabgleich im stationären und instationären Betrieb.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	es	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Amenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	lE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	LS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	lT.	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KР	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	zw	Zimbabwe
CM	Kamerun		Котеа	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	ΚZ	Kasachstan	RO	Rumborn		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Rushi : a Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Suce:-		
DK	Dinemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

1

Beschreibung

Verfahren zum modellgestützten Bestimmen der in die Zylinder einer Brennkraftmaschine einströmenden Frischluftmasse bei 5 externer Abgasrückführung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum modellgestützten Bestimmen der in die Zylinder einer Brennkraftmaschine einströmenden Frischluftmasse bei externer Abgasrückführung gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Motorsteuerungssysteme für Brennkraftmaschinen, die mit Kraftstoffeinspritzung arbeiten, verwenden als Maß für die Motorlast entweder die vom Motor angesaugte Luftmasse oder den Saugrohrdruck.

Luftmassengeführte Motorsteuerungssysteme benötigen also für die Berechnung der Einspritzzeit diejenige Frischluftmasse, die aus dem Saugrohr heraus in die jeweiligen Zylinder strömt. Ist die Brennkraftmaschine mit einer externen Abgasrückführvorrichtung ausgestattet, mit deren Hilfe ein Teil des Abgases in den Ansaugtrakt zurückgeführt wird, so stellt im Instationärbetrieb, der z.B. durch eine Änderung der externen Abgasrückführrate und/oder der Drosselklappenstellung hervorgerufen werden kann, das Signal eines stromaufwärts der Drosselklappe angeordneten Luftmassenmessers kein Maß für die tatsächliche Füllung der Zylinder dar. Die Füllung ändert sich entsprechend der Änderung des Frischgaspartialdruckes im Saugrohr, so daß zur exakten Bestimmung der Lastgröße der Absolutdruck und die Partialdrücke im Saugrohr bekannt sein müssen.

Saugrohrdruckgeführte Motorsteuerungssysteme können über eine Druckmessung nur den Absolutdruck im Saugrohr erfassen. Da die Kraftstoffzumessung jedoch durch den Frischgaspartial-druck bestimmt wird, müssen der Frischgas- und bei Abgasrück-

2

führung auch der Restgaspartialdruck auf geeignete Weise bebestimmt werden.

Auf physikalischen Ansätzen basierende modellgestützte Berechnungsmethoden stellen einen guten Ausgangspunkt zur genauen Bestimmung der Luftmasse dar.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung p 195 13 601.2 derselben Anmelderin ist ein Verfahren zum modellgestützten Bestimmen der in die Zylinder einer Brennkraftmaschine ohne Abgasrückführung einströmenden Luftmasse beschrieben. Mit Hilfe eines Saugrohrfüllungsmodells werden dabei die Größen Saugrohrdruck, Luftmassenstrom an der Drosselklappe und Luftmassenstrom in den Zylinder aus dem Drosselklappenöffnungsgrad und der Motordrehzahl angegeben und eine Lastgröße berechnet, auf dessen Grundlage die Einspritzzeit bestimmt wird.

Auf der Basis des Signals des Lasterfassungssensors, d.h. des

20 Luftmassenmessers bzw. des Saugrohrdrucksensors, werden über
einen Modellregelkreis die Wirkung von Parameterfehlern des
Saugrohrfüllungsmodells reduziert, indem die Abweichungen
zwischen der Meßgröße und der entsprechenden Modellgröße minimiert werden. Dieser Zugang gestattet eine permanente Mo25 dellkorrektur im stationären und instationären Motorbetrieb,
so daß die Lastgröße der Brennkraftmaschine mit hoher Genauigkeit geschätzt werden kann.

Aus der DE 39 19 488 C2 ist eine Vorrichtung zur Regelung und zur Vorausbestimmung der Ansaugluftmenge einer saugrohrdruckgeführten Brennkraftmaschine bekannt, bei der der Drosselklappenöffnungsgrad und die Motordrehzahl als Grundlage zur Berechnung des derzeitigen Wertes der in den Brennraum der Maschine eingesaugten Luft verwendet werden. Diese berechnete, gegenwärtige Ansaugluftmenge wird dann als Grundlage zur Berechnung des vorausbestimmten Wertes für die Ansaugluftmenge, die in den Brennraum der Maschine zu einer be-

stimmten Zeit von dem Punkt an, an dem die Berechnung ausgeführt wurde, einzusaugen ist, benutzt. Das Drucksignal, das stromabwärts der Drosselklappe gemessen wird, wird mit Hilfe von theoretischen Beziehungen korrigiert, so daß eine Verbesserung der Bestimmung der angesaugten Luftmasse erreicht und damit eine genauere Berechnung der Einspritzzeit möglich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben mit dem bei einer Brennkraftmaschine mit Abgasrückfühtung der Frisch- und Restgaspartialdruck im Saugrohr im stationären und instationären Motorbetrieb möglichst exakt bestimmt und als Grundlage für eine genaue Berechnung der Einspritzzeit herangezogen werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den Unteransprüchen.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird 20 anhand der nachfolgenden schematischen Zeichnungen beschrieben. Dabei zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipskizze zum Saugsystem einer Otto-Brennkraftmaschine einschließlich der entsprechenden Modell- und Meßgrößen,
- Figur 2 die Durchflußfunktion und die dazugehörige Polygonzugapproximation,
- Figur 3 eine Prinzipdarstellung eines Modellregelkreises zur Bestimmung der in die Zylinder der Brennkraftmaschine einströmenden Frischluftmasse bei aktiver Abgasrückführung und
 - Figur 4 eine Prinzipdarstellung eines Modellregelkreis zur Korrektur des Zusammenhanges zwischen Saugrohrdruck und Luftmasse während abgeschalteter Abgasrückführung

Ausgehend von einem bekannten Ansatz ergibt sich eine Modellbeschreibung, die auf einer nichtlinearen Differentialglei-

25

30

4

chung basiert. Im folgenden wird eine Approximation dieser nichtlinearen Gleichung vorgestellt. Im Ergebnis dieser Approximation läßt sich das Systemverhalten mittels einer bilinearen Gleichung beschreiben, die die schnelle Lösung der 5 Beziehung im Motorsteuergerät des Kraftfahrzeugs unter Echtzeitbedingungen gestattet. Der gewählte Modellansatz beinhaltet dabei die Modellierung der externen Abgasrückführung und von variablen Saugsystemen und Systemen mit variabler Ventilsteuerung. Die durch diese Anordnung und durch dynamische Nachladung, d.h. durch Reflexionen von Druckwellen im Saug-10 rohr hervorgerufenen Effekte, können ausschließlich durch die Wahl stationär bestimmbarer Parameter des Modelles sehr gut berücksichtigt werden. Alle Modellparameter sind einerseits physikalisch interpretierbar und andererseits ausschließlich aus stationären Messungen zu gewinnen. 15

Die meisten Algorithmen zur zeitdiskreten Lösung der Differentialgleichungen für das Modell eines Ansaugsystems erfordern vor allem bei geringem Druckabfall über der Drossel20 klappe, d.h. bei Vollast eine sehr kleine Rechenschrittweite, um numerisch stabil zu arbeiten. Die Folge wäre ein unvertretbarer Rechenaufwand bei der Bestimmung der Lastgröße. Da Lasterfassungssysteme meist segmentsynchron arbeiten, d.h. für 4-Zylindermotoren wird alle 180° KW ein Meßwert abgetastet, muß die Modellgleichung ebenfalls segmentsynchron gelöst werden. Im nachfolgenden wird ein absolut stabiles Differenzenschema zur Lösung von Differentialgleichungen eingesetzt, das numerische Stabilität bei beliebiger Schrittweite garantiert.

30

Dieses System zur modellgestützten Lasterfassung ist in den bekannten Motorsteuerungssystemen, d.h. bei luftmassengeführten bzw. saugrohrdruckgeführten Motorsteuerungssystemen einsetzbar und im folgenden wird ein Korrekturalgorithmus in 5 Form eines Modellregelkreises formuliert, der bei auftretenden Ungenauigkeiten von Modellparametern eine permanente Ge-

5

nauigkeitsverbesserung, d.h. einen Modellabgleich im stationären und instationären Betrieb gestattet.

Bei der modellgestützten Berechnung der in die Zylinder der 5 Brennkraftmaschine einströmenden Frischluftmasse wird von der in Figur 1 dargestellten prinzipiellen Anordnung ausgegangen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist dabei nur ein Zylinder der Brennkraftmaschine dargestellt. Mit dem Bezugzeichen 10 ist dabei ein Saugrohr einer Brennkraftmaschine bezeichnet, 10 'in dem eine Drosselklappe 11 angeordnet ist. Die Drosselklappe 11 ist mit einem, den Öffnungsgrad dieser Drosselklapp ermittelnden Drosselklappenstellungsfühler 14 verbunden. Stromaufwärts der Drosselklappe 11 ist ein Luftmassenmesser 12 und stromabwärts der Drosselklappe ist ein Saugrohrdruck-15 fühler 13 im Saugrohr 10 angeordnet. Die Ausgangssignale $\dot{m}_{DK~LMM}$, DKW, P_{S_SEN} des Luftmassenmessers 12, des Drosselklappenstellungsfühlers 14 und des Saugrohrdrucksensors 13 sind mit Eingängen einer nicht dargestellten, an sich bekannten elektronischen Steuerungseinrichtung der Brennkraftmaschine 20 verbunden. Außerdem sind in Figur 1 noch schematisch ein Einlaßventil 15, ein Auslaßventil 16, sowie ein in einem Zylinder 17 beweglicher Kolben 18 dargestellt.

Zum Rückführen eines Teils des Abgases in der mit einem

Pfeilsymbol gekennzeichneten Richtung ist eine Abgasrückführleitung 19 vorgesehen, die einen Abgastrakt 20 mit dem Saugrohr 10 derart verbindet, daß Abgas stromabwärts der Drosselklappe 11 in das Saugrohr 10 eingeleitet werden kann. Ein im Abgastrakt 20 angeordneter Temperatursensor 32 gibt ein der

Temperatur des Abgases entsprechendes Signal an die Steuerungseinrichtung der Brennkraftmaschine ab. In die Abgasrückführleitung 19 ist ein Abgasrückführventil 21 eingeschaltet, das entweder als pneumatisch arbeitendes Ventil ausgestaltet ist und über einen elektropneumatischen Wandler mittels eines

Tastverhältnisses angesteuert wird oder als elektrisch betätigtes Ventil realisiert ist und durch entsprechende Ansteuersignale vom elektronischen Steuergerät der Brennkraftma-

6

schine den Öffnungsquerschnitt der Abgasrückführleitung 19
verändert. Dem Abgasrückführventil 21 ist ein Stellungsfühler
22 zugeordnet, der ein dem Öffnungsgrad des Abgasrückführventils 21 entsprechendes Signal AGRW an die elektronische
5 Steuerungseinrichtung abgibt.

Außerdem sind in Figur 1 ausgewählte Größen bzw. Parameter 'des Saugsystems eingezeichnet. Dabei bedeutet das Dachsymbol "^" über einer Größe, daß es sich um eine Modellgröße han10 delt, während Größen ohne Dachsymbol Meßgrößen repräsentieren. Im einzelnen bedeuten:

 P_U Umgebungsdruck, P_S Saugrohrdruck, T_S Temperatur der Luft im Saugrohr, V_S Saugrohrvolumen, P_A Abgasgegendruck, T_A Abgastemperatur, P_{RG} Restgaspartialdruck im Saugrohr, P_{FG} Frischgaspartialdruck im Saugrohr.

Größen mit einem Punktsymbol kennzeichnen die erste zeitliche Ableitung der entsprechenden Größen. Mit \dot{m}_{DK} ist somit der 20 Luftmassenstrom an der Drosselklappe, mit \dot{m}_{RG} der Restgasmassenstrom am Abgasrückführventil, mit \dot{m}_{Zyl_FG} der Frischgasmassenstrom in den Zylinder und mit \dot{m}_{Zyl_RG} der Restgasmassenstrom und mit \dot{m}_{Zyl} der Gesamtmassenstrom in den Zylinder bezeichnet.

25

30

35

Sind der Abgasgegendruck, der Öffnungsgrad des Abgasrückführventils und die Abgastemperatur bekannt, entweder durch eine betriebspunktabhängige Parameterisierung mittels Kennfelder oder durch Auswerten der Signale der entsprechenden Sensoren, so kann der Massenstrom durch das Abgasrückführventil berechnet werden.

Unter der Voraussetzung konstanter Temperatur der Luft im Saugrohr läßt sich die Differentialgleichung aus der Zustandsgleichung idealer Gase zur Berechnung des Absolutdrucks im Saugrohr aufstellen (vgl. Fig.1):

7

$$\hat{\hat{P}}_{S} = \frac{R_L \cdot T_S}{V_S} \cdot (\hat{m}_{DK} + \hat{m}_{RG} - \hat{m}_{Zyl})$$
 (1.0)

Dabei gilt:

 $\hat{\dot{P}}_{
m c}$ zeitliche Ableitung der Modellgröße Saugrohrdruck

5 R₁: allgemeine Gaskonstante

Ts: Temperatur der Luft im Saugrohr

V_s: Saugrohrvolumen

 \dot{m}_{DK} : Modelluftmassenstrom an der Drosselklappe

 m_{RG} : Modellrestgasmassenstrom am Abgasrückführventil

 m_{Zyl} : Modellgröße des Gesamtmassenstroms in den Zylinder

Die durch (1.0) beschriebenen Verhältnisse sind auf Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen mit Schwingrohr- (Schaltsaugrohr-) und/oder Resonanzsaugsysteme ohne strukturelle Änderungen anwendbar.

Für Systeme mit Multi-Point-Einspritzungen, bei denen die Kraftstoffzumessung durch mehrere Einspritzventile erfolgt, gibt die Gleichung (1.0) die Verhältnisse genauer wieder als 20 dies bei Single-Point-Einspritzungen, d.h. bei Einspritzungen, bei denen der Kraftstoff mittels eines einzigen Kraftstoffeinspritzventiles zugemessen wird, der Fall ist. Bei erstgenannter Art der Kraftstoffzumessung ist nahezu das gesamte Ansaugsystem mit Luft gefüllt. Lediglich in einem klei-25 nen Bereich vor den Einlaßventilen befindet sich ein Kraftstoff-Luftgemisch. Im Gegensatz dazu ist bei Single-Point-Einspritzsystemen das gesamte Saugrohr von der Drosselklappe bis zum Einlaßventil mit Kraftstoff-Luft-Gemisch gefüllt, da das Einspritzventil vor der Drosselklappe angeordnet ist. In diesem Fall stellt die Annahme eines idealen Gases eine stärkere Näherung dar, als dies bei der Multi-Point-Einspritzung der Fall ist. Bei Single-Point-Einspritzung erfolgt die Kraftstoffzumessung entsprechend mpk, bei Multi-Point-Ein-

Kraftstoffzumessung entsprechend m_{DK} , bei Multi-Point-Einspritzungen entsprechend $\hat{m}_{Z_{N}}$.

8

Im folgenden wird die Berechnung der Massenströme m_{DK} und \hat{m}_{ZVI} näher beschrieben.

5 .Die Modellgröße des Luftmassenstromes an der Drosselklappe \hat{m}_{DK} wird durch die Durchflußgleichung idealer Gase durch Drosselstellen beschrieben. Der Luftmassenstrom \hat{m}_{DK} wird demnach durch die Beziehung

10
$$\hat{m}_{DK} = \hat{A}_{RDK} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{1}{R_L \cdot T_S}} \cdot \hat{P}_U \cdot \Psi$$
 (2.0)

mit der Durchflußfunktion

 $\psi = \sqrt{\frac{\hat{P}_S}{\hat{P}_U}^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{\hat{P}_S}{\hat{P}_U}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}}$ für überkritische Druckverhältnisse

15

bzw.

 ψ = const. für kritische Druckverhältnisse bestimmt.

20

Dabei bedeuten:

 m_{DK} :

Modellgröße des Luftmassenstromes an der Drossel-

klappe

25 ÂRDK:

reduzierter Strömungsquerschnitt

κ:

Adiabatenexponent

 R_L :

allgemeine Gaskonstante

Ts:

Temperatur der Luft im Saugrohr

 P_{IJ}

Modellgröße des Umgebungsdruckes

 $30 P_{S}$

Modellgröße des Saugrohrdruckes

Ψ:

Durchflußfunktion

9

An der Drosselstelle, d.h. an der Drosselklappe 11 auftretende Strömungsverluste werden durch den reduzierten Querschnitt
an der Drosselklappe Ârok berücksichtigt. Aus stationären

5 Messungen kann bei bekannten Drücken vor und hinter der Drosselstelle und bekanntem Massenstrom durch die Drosselstelle
eine Zuordnung zwischen dem vom Drosselklappenstellungsfühler
14 ermittelten Drosselklappenwinkel DKW und dem entsprechendem reduzierten Querschnitt Ârok angegeben werden.

10

Wird der Luftmassenstrom mDK an der Drosselklappe durch die Beziehung (2.0) beschrieben, so entsteht ein komplizierter Algorithmus zur numerisch richtigen Lösung der Differentialgleichung (1.0) mit einem absolut stabilen Differenzenschema.
2ur Reduktion des Rechenaufwandes wird die Durchflußfunktion ψ durch einen Polygonzug approximiert.

Figur 2 zeigt den Verlauf der Durchflußfunktion ψ und das darauf angewandte Approximationsprinzip. Innerhalb eines Ab20 schnittes i,j (i,j = 1...k) wird die Durchflußfunktion ψ durch eine Gerade dargestellt. Mit einer vertretbaren Anzahl von Geradenabschnitten kann damit eine gute Approximation der Durchflußfunktion durch

$$\Psi = \left(m_i \frac{\hat{P}_s}{\hat{P}_U} + n_i\right) \qquad \qquad i = (1...k) \qquad (2.2)$$

erreicht werden.

In dieser Form beschreibt m_i die Steigung und n_i das Absolutglied (Offset) des jeweiligen Geradenabschnittes. In den einzelnen Abschnitten der Linearisierung gelten jeweils die Werte m_i , n_i Die Werte für die Steigung und für das Absolut-

10

glied werden in Tabellen als Funktion des Verhältnisses Saugrohrdruck zu Umgebungsdruck $\frac{\hat{P_S}}{\hat{P_H}}$ abgelegt.

Auf der Abszisse von Figur 2 ist das Druckverhältnis $rac{\hat{P}_{\mathcal{S}}}{\hat{P}_{\mathcal{U}}}$ bzw.

5 das Verhältnis Saugrohrdruck zu Abgasgegendruck $\frac{\hat{P}_s}{\hat{P}_A}$ und auf der Ordinate der Funktionswert (0 - 0.3) der Durchflußfunktion ψ aufgetragen.

Durch einen solchen Ansatz kann die Gleichung (2.0) zur Be10 rechnung des Luftmassenstromes an der Drosselklappe \hat{m}_{DK} durch die Beziehung

$$\hat{\vec{m}}_{DK} = \hat{\mathbf{A}}_{RDK} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{k-1} \cdot \frac{1}{R_L \cdot T_S}} \cdot \hat{P}_U \cdot \left(m_i \frac{\hat{P}_S}{\hat{P}_U} + n_i \right)$$
(2.3)

15 für i = (1...k)
 approximiert werden.

Die Berechnung des Restgasmassenstroms am Abgasrückführventil erfolgt ebenfalls mit der Durchflußgleichung idealer Gase für Drosselstellen. Am Abgasrückführventil herrscht jedoch das Druckgefälle zwischen Abgasgegendruck P_A und Saugrohrdruck P_S , sowie das Abgastemperaturniveau T_A . Für die Approximation der Durchflußfunktion Ψ sind in diesem Fall die Werte m_j und m_j zu berücksichtigen, da sich der Umgebungsdruck \hat{P}_V vom Abgasgegendruck \hat{P}_A unterscheidet (Figur 2). Auftretende Strömungsverluste werden durch den reduzierten Strömungsquerschnitt an der Drosselstelle Abgasrückführventil A_{RRG} beschrieben.

$$\hat{\vec{m}}_{RG} = \hat{A}_{RRG} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{1}{R_L \cdot T_A}} \cdot \hat{P}_U \cdot \left(m_j \frac{\hat{P}_S}{\hat{P}_U} + n_j \right)$$
(3.0)

Die in den jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine einströmende Luftmasse läßt sich analytisch nur schwer berechnen, da sie stark vom Ladungswechsel abhängt. Die Füllung der Zylinder wird weitestgehend durch den Saugrohrdruck, die Drehzahl und durch die Ventilsteuerungszeiten bestimmt.

Zur möglichst genauen Berechnung des Massenstroms in den je
Neiligen Zylinder mzw ist deshalb einerseits die Beschreibung der Verhältnisse im Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine
mittels partieller Differentialgleichungen und andererseits
die Berechnung des Massenstromes am Einlaßventil nach der
Durchflußgleichung als erforderliche Randbedingung notwendig.

Erst dieser komplizierte Ansatz gestattet die Berücksichtigung dynamischer Nachladeeffekte, die von der Drehzahl, der
Saugrohrgeometrie, der Zylinderzahl sowie den Ventilsteuerzeiten maßgeblich beeinflußt werden.

$$\hat{m}_{Zyi} = \gamma_1 \cdot \hat{P}_S + \gamma_0 \tag{4.0}$$

30 ausgegangen werden.

Die Steigung γ_1 und das Absolutglied γ_0 der Beziehung (4.0) sind dabei, unter Berücksichtigung aller wesentlichen Einflußfaktoren Funktionen der Drehzahl, der Saugrohrgeometrie,

der Zylinderzahl, der Ventilsteuerzeiten sowie der Temperatur der Luft im Saugrohr T_S . Die Abhängigkeit der Werte von γ_1 und yo von den Einflußgrößen Drehzahl, Saugrohrgeometrie, Zylinderzahl und den Ventilsteuerzeiten und Ventilerhebungskur-5 ven kann dabei über stationäre Messungen ermittelt werden. Über diese Wertebestimmung wird ebenfalls der Einluß von Schwingrohr- und/oder Resonanzsaugsystemen auf die von der Brennkraftmaschine angesaugte Luftmasse gut wiedergegeben. Die Werte von γ_1 und γ_0 sind in Kennfeldern der elektronischen Motorsteuerungseinrichtung abhängig von der Drehzahl n abgelegt.

Als bestimmende Größe zur Ermittlung der Motorlast wird der Saugrohrdruck PS ausgewählt. Mit Hilfe der Modell-Differentialgleichung soll diese Größe möglichst exakt und schnell geschätzt werden. Die Schätzung von \hat{P}_S erfordert die Lösung der Gleichung (1.0).

Mit den Gleichungen (2.3), (3.0) und (4.0) kann die Formel (1.0) durch die Beziehung 20

$$\hat{P}_{S} = \frac{R_{L} \cdot T_{S}}{V_{S}} \cdot \left(\hat{A}_{RDK} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{(\kappa - 1) \cdot R_{L} \cdot T_{S}}} \cdot \hat{P}_{U} \cdot \left[m_{i} \cdot \frac{\hat{P}_{S}}{\hat{P}_{U}} + n_{i} \right] + \hat{A}_{RRG} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{(\kappa - 1) \cdot R_{L} \cdot T_{A}}} \cdot \hat{P}_{A} \cdot \left[m_{j} \cdot \frac{\hat{P}_{S}}{\hat{P}_{A}} + n_{j} \right] - \left\{ \gamma_{1} \cdot \hat{P}_{S} + \gamma_{0} \right\} \right)$$
(5.0)

 $f\ddot{u}r i, j = (1...k)$

approximiert werden.

Zur Lösung der Gleichung (5.0) wird diese Beziehung in eine geeignete Differenzengleichung übergeführt.

Als Kriterium zur Auswahl des geeigneten Differenzenschemas können die folgenden prinzipiellen Anforderungen an die Lösungseigenschaften der zur bildenden Differenzengleichung formuliert werden:

25

30

10

WO 97/35106

- 1. Das Differenzenschema muß auch unter extremen dynamischen Anforderungen konservativ sein, d.h. die Lösung der Differenzengleichnung muß der Lösung der Differentialgleichung entsprechen,
- die numerische Stabilität muß für Abtastzeiten, die den maximal möglichen Segmentzeiten entsprechen, im gesamten Arbeitsbereich (Dynamikbereich) das Saugrohrdruckes garantiert sein.

10

5

Forderung 1 ist durch einen impliziten Rechenalgorithmus erfüllbar. Aufgrund der Approximation der nichtlinearen Differentialgleichung (1.0) durch eine bilineare Gleichung (5.0)
ist das entstehende implizite Lösungsschema ohne Einsatz iterativer Verfahren lösbar, da die Differenzengleichung in eine
explizite Form überführt werden kann.

Die zweite Forderung ist aufgrund der Konditionierung der Differentialgleichung (1.0) und deren Approximation (5.0) nur durch eine Rechenvorschrift zur Bildung der Differenzengleichung erfüllbar, die absolut stabil arbeitet. Diese Verfahren werden auch als A-stabile Verfahren bezeichnet. Kennzeichnend für diese A-Stabilität ist die Eigenschaft des Algorithmus, bei einem stabilen Ausgangsproblem für beliebige Werte der Abtastzeit, d.h. Segmentzeit TAB numerisch stabil zu sein. Eine mögliche Rechenvorschrift zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen, die beiden Forderungen gerecht wird, ist die Trapezregel.

30 Die durch Anwendung der Trapezregel entstehende Differenzengleichung lautet im vorliegenden Fall

$$\hat{P_S}[N] = \hat{P_S}[N-1] + \frac{T_{AB}}{2} \cdot \left(\hat{P_S}[N-1] + \hat{P_S}[N]\right)$$
 (5.1)

35 für $N = (1...\infty)$

TAB bezeichnet die Zeit zwischen 2 Abtastschritten N.

Wird die Differentialgleichung (5.0) mit Hilfe der Trapezregel (5.1) gelöst, so ergibt sich für den Saugrohrdruck zum Abtastschritt N folgende Beziehung.

5

$$\begin{split} P_{S}[N] = & \frac{P_{S}[N-1] + \frac{T_{AB}}{2} \cdot \hat{P}_{s}[N-1]}{1 - \frac{T_{AB}}{2} \cdot \frac{R_{L} \cdot T_{S}}{V_{S}} \cdot (\hat{A}_{RDK}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{x-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{s}} \cdot m_{i} + \hat{A}_{RRG}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{A}} \cdot m_{j} - \gamma_{1})}{\frac{T_{AB}}{2} \cdot \frac{R_{L} \cdot T_{S}}{V_{S}} \cdot (\hat{A}_{RDK}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{S}} \cdot n_{i} \cdot \hat{P}_{U} + \hat{A}_{RRG}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{A}} \cdot n_{j} \cdot \hat{P}_{A} - \gamma_{0})}{1 - \frac{T_{AB}}{2} \cdot \frac{R_{L} \cdot T_{S}}{V_{S}} \cdot (\hat{A}_{RDK}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{s}} \cdot m_{i} + \hat{A}_{RRG}[N] \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi-1}} \frac{1}{R_{L} \cdot T_{A}} \cdot m_{j} - \gamma_{1})} \end{split}$$

$$f \ddot{u} r N = (1...\infty) \text{ und } i,j = (1...k)$$
 (5.2)

10

- [N] bedeutet dabei das aktuelle Segment bzw. den aktuellen Rechenschritt, [N+1] das nächstfolgende Segment bzw. den nächstfolgenden Rechenschritt.
- 15 Ist der Gesamtdruck im Saugrohr bekannt, so kann die Änderung des Restgaspartialdrucks P_{RG} im Saugrohr nach folgender Beziehung berechnet werden:

$$\hat{P}_{RG} = \frac{R_L \cdot T_S}{V_S} \cdot (\hat{m}_{RG} - \hat{m}_{Zyl_RG})$$
 (6.0)

20 mit der Gleichung (3.0)

$$\hat{m}_{RG} = \hat{A}_{RRG} \cdot \sqrt{\frac{2\chi}{\chi - 1}} \frac{1}{R_L \cdot T_A} \cdot \hat{P}_A \cdot (m_j \cdot \frac{\hat{P}_S}{\hat{P}_A} + n_j)$$

als Restgasmassenstrom durch das Abgasrückführventil und mit

$$\hat{m}_{Zyl_RG} = \gamma_1 \cdot \hat{P}_{RG} \tag{7.0}$$

'als Restgasmassenstrom in den Zylinder durch externe Abgasrückführung.

15

Wendet man die Trapezregel (5.1) zur Lösung der Differentialgleichung für den Restgaspartialdruck im Saugrohr (6.0) an, so ergibt sich die Beziehung

$$5 \quad \hat{P}_{RG}[N] = \frac{\hat{P}_{RG}[N-1] + \frac{T_{AB}}{2} \cdot \left(\hat{P}_{RG}[N-1] + \frac{R_L \cdot T_S}{V_S} \cdot \hat{A}_{RRG}[N] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{(\kappa - 1)) \cdot R_L \cdot T_A}} \cdot n_j\right)}{1 - \frac{T_{AB}}{2} \cdot \frac{R_L \cdot T_S}{V_S} \cdot \left(\hat{A}_{RRG}[N] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{(\kappa - 1) \cdot R_L \cdot T_A}} \cdot m_j - \gamma_1\right)}$$
(8.1)

zur Berechnung des Restgaspartialdruckes zum Zeitpunkt N. Weiterhin gilt die Beziehung:

$$\hat{P}_{S} = \hat{P}_{FG} + \hat{P}_{RG} \tag{9.0}$$

Der Frischgaspartialdruck \hat{P}_{FG} ist dann:

15
$$\hat{P}_{FG} = \hat{P}_S - \hat{P}_{RG}$$
 (9.1)

Damit sind der Frischgas - und Restgaspartialdruck im Saugrohr im stationären und instationären Motorbetrieb bekannt. Mit dem Frischgaspartialdruck kann der Frischluftmassenstrom in die jeweiligen Zylinder berechnet werden:

$$\hat{m}_{ZYL-FG} = \gamma_1 \cdot \hat{P}_{FG} + \gamma_0 \tag{10.0}$$

Durch einen einfachen Integrationsalgorithmus erhält man die während eines Ansaugtaktes von der Brennkraftmaschine angesaugte Luftmasse.

$$\hat{m}_{ZYL_FG} = \frac{T_{AB}}{2} \cdot (\hat{m}_{ZYL_FG}[N] + \hat{m}_{ZYL_FG}[N-1])$$
 (10.1)

Durch systembedingte Totzeiten bei der Kraftstoffdosierung und einer notwendigen Kraftstoffvorlagerung ist eine Vorhersage der von der Brennkraftmaschine angesaugten Luftmasse mit einem wählbaren Vorhersagehorizont wünschenswert, da nur so

10

16

im instationären Betrieb eine genaue Einhaltung eines geforderten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses möglich ist.

Bei dem beschriebenen Verfahren liegen die Modellgrößen der zeitlichen Änderung der Partialdrücke im Ansaugsystem in analytischer Form vor. Durch H-fache Anwendung der Trapezregel kann der Frischgaspartialdruck durch die Beziehung

$$\hat{P}_{FG}[N+H] = \hat{P}_{FG}[N] + \frac{T_{AB}}{2} \cdot H \cdot \left(\hat{P}_{S}[N-1] - \hat{P}_{RG}[N-1] + \hat{P}_{S}[N] - \hat{P}_{RG}[N]\right)$$
(10.2)

um H Segmente vorhergesagt werden.

Geht man von über die Vorhersagezeit konstanten Werten γ_1 und γ_0 aus, so kann die vorhergesagte Frischgasmasse im Zylinder durch die Gleichung

$$\hat{m}_{Z_{fl}} = T_{AB} \cdot \left(\gamma_{1} \cdot \left[\hat{P}_{FG}[N] + (H+0.5) \cdot \frac{T_{AB}}{2} \right] \right)$$

$$\left(\hat{P}_{S}[N-1] - \hat{P}_{RG}[N-1] + \hat{P}_{S}[N] - \hat{P}_{RG}[N] \right) + \gamma_{0}$$
(10.3)

bestimmt werden.

Wählt man für den Vorhersagehorizont (Prädiktionshorizont) H

25 Werte in der Größenordnung von 1...3, so können mit der Formel (10.3) Vorhersageergebnisse für die von der Brennkraftmaschine angesaugten Frischgasmasse mit hoher Genauigkeit erhalten werden.

- 30 Im folgenden wird das Prinzip des Modellabgleichs für luftmassen- und saugrohrdruckgeführte Motorsteuerungssysteme beschrieben.
- Bedingt durch den Einsatz von Motoren mit variabler Ventilsteuerung und/oder veränderlicher Saugrohrgeometrie, durch

17

Fertigungstoleranzen und Alterungserscheinungen, sowie durch Temperatureinflüsse sind die Werte von y, und yo mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Die Parameter der Gleichung zur Bestimmung des Massenstromes in den Zylindern sind, wie oben beschrieben, Funktionen vielfältiger Einflußgrößen, von denen nur die wichtigsten erfaßt werden können.

Bei der Berechnung des Massenstromes an der Drosselklappe wirken sich Meßfehler bei der Erfassung des Drosselklappen
10 winkels und Approximationsfehler bei der Polygonzugapproximation der Durchflußfunktion wauf die Modellgrößen aus. Besonders bei kleinen Drosselklappenwinkeln ist die Systemempfindlichkeit gegenüber erstgenannten Fehlern besonders hoch. Daraus ergibt sich, daß kleine Änderungen der Drosselklappenstellung einen gravierenden Einluß auf Massenstrom bzw. Saugrohrdruck haben. Um die Wirkung dieser Einflüsse zu reduzieren, wird im folgenden ein Verfahren vorgeschlagen, das es gestattet, bestimmte Größen, die Einfluß auf die Modellrechnung haben, so zu korrigieren, daß eine genauigkeitsverbessernde Modellanpassung für stationären und instationären Motorbetrieb durchgeführt werden kann.

Die Anpassung der wesentlichen Parameter des Modells zur Bestimmung der Lastgröße der Brennkraftmaschine erfolgt durch die Korrektur des aus dem gemessenen Drosselklappenwinkel bestimmten reduzierten Strömungsquerschnittes Â_{RDK} durch die Korrekturgröße ΔÂ_{RDK}:

$$\hat{A}_{RDK_KORR} = \hat{A}_{RDK} + \Delta \hat{A}_{RDK} \tag{11.0}$$

30

Je nachdem welcher Lasterfassungssensor verwendet wird, erfolgt die Berechnung der Korrekturgröße $\Delta \hat{A}_{RDK}$ in einem Modellregelkreis. Bei einer Luftmassenmessung erfolgt die Berechnung der Regelabweichung zwischen dem gemessenen Luftmassenstrom an der Drosselklappe und dem Modelluftmassenstrom an der Drosselklappe.

18

Bei einer Saugrohrdruckmessung erfolgt die Berechnung der Regelabweichung zwischen dem Modellsaugrohrdruck und dem gemessenen Saugrohrdruck.

- Für luftmassengeführte Motorsteuerungssysteme ist also der mittels des Luftmassenmessers an der Drosselklappe gemessene Luftmassenstrom m̄_{DK_LMM} die Führungsgröße dieses Regelkreises, während für saugrohrdruckgeführte Systeme der mittels des Saugrohrdrucksensors gemessene Saugrohrdruck P_{S_SEN} als Führungsgröße genutzt wird. Über eine Folgeregelung wird der Wert von ΔÂ_{RED} dann so bestimmt, daß die Regelabweichung zwischen Führungsgröße und der ensprechenden Regelgröße minimiert wird.
- Um auch im dynamischen Betrieb Genauigkeitsverbesserungen mit der genannten Methode zu erreichen, muß die Meßwerterfassung der Führungsgrößen möglichst exakt nachgebildet werden. In den meisten Fällen sind dabei das dynamische Verhalten des "Sensors, d.h. entweder des Luftmassenmessers oder des Saugrohrdrucksensors und eine nachfolgend durchgeführte Mittelwertbildung zu berücksichtigen.

Das dynamische Verhalten des jeweiligen Sensors kann in erster Näherung als ein System erster Ordnung mit eventuell arbeitspunktabhängiger Verzögerungszeit T_1 modelliert werden.

Im Falle einer saugrohrdruckgeführten Motorensteuerung lautet eine mögliche Gleichung zur Beschreibung des Sensorverhaltens

30
$$\hat{P}_{S_SEN}[N] = \hat{P}_{S_SEN}[N-1] \cdot e^{-\frac{T_{AB}}{T_1}} + \hat{P}_{S}[N-1] \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{AB}}{T_1}}\right),$$
 (12.0)

während für ein luftmassengeführtes System die Beziehung

$$\hat{m}_{DK_LMM}[N] = \hat{m}_{DK_LMM}[N-1] \cdot e^{\frac{-T_{AB}}{T_1}} + \hat{m}_{DK}[N-1] \cdot \left(1 - e^{\frac{-T_{AB}}{T_1}}\right)$$
(13.0)

19

angegeben werden kann. T_1 bezeichnet die Verzögerungszeit des jeweiligen Sensors.

Die im Steuergerät durchgeführte Mittelwertbildung der Meß-5 werte über ein Segment kann durch die Beziehungen

$$\hat{P}_{S_SEN_MIT}[N] = \frac{1}{2} \cdot \left(\hat{P}_{S_SEN}[N-1] + \hat{P}_{S_SEN}[N] \right)$$
 (12.1)

oder

10

$$\hat{\hat{m}}_{DK_LMM}[N] = \frac{1}{2} \cdot \left(\hat{\hat{m}}_{DK_LMM}[N-1] + \hat{\hat{m}}_{DK_LMM}[N] \right)$$
 (13.1)

modelliert werden.

15 Falls beide Lasterfassungssensoren vorhanden sind, kann zum Abgleich des Luftmassenstroms an der Drosselklappe mit dem gemessenen Luftmassenstrom der reduzierte Strömungsquerschnitt an der Drosselklappe bzw. der Umgebungsdruck verwendet werden. Der Saugrohrdrucksensor kann im Abgasrückführungsbetrieb zur Bestimmung des reduzierten Strömungsquerschnittes am Abgasrückführungsventil bzw. des Abgasgegendrucks verwendet werden.

Treten Differenzen zwischen dem Modellsaugrohrdruck und dem gemessenen Saugrohrdruck auf, so werden sie durch die Anpassung des Restgasmassenstroms über die Korrektur \hat{A}_{RRG} durch $\Delta \hat{A}_{RRG}$ ausgeregelt (Figur 3). Überschreitet die Stellgröße $\Delta \hat{A}_{RRG}$ eine bestimmte Schwelle in positiver Richtung so erfolgt eine Erhöhung der Modellgröße Abgasgegendruck, wird eine negative applizierbare Schwelle unterschritten, so erfolgt eine Erniedrigung der Modellgröße Abgasgegendruck.

Bei geschlossenem Abgasrückführventil wird mit dem Saugrohrdruck drucksensor der Zusammenhang zwischen Saugrohrdruck und Luftmasse mit Hilfe des Parameters γ₁ korrigiert (Figur 4).Die Korrekturgröße wird drehzahlabhängig bestimmt und im nicht-

20

flüchtigen Speicher des Steuergeräts abgelegt. Der Korrekturwert wird auf einen Maximalwert begrenzt.

Im folgenden wird ein Modellabgleich für Motorsteuerungssysteme beschrieben, wenn beide Lasterfassungssensoren (Luftmassenmesser und Saugrohrdrucksensor) vorhanden sind. Für dieses System können die in den Figuren 3 und 4 dargestellten Modellstrukturen angegeben werden.

- 10 Der Drosselklappenstellungsfühler 14 (Figur 1) liefert ein dem Öffnungsgrad der Drosselklappe 11 entsprechendes Signal, z.B. einen Drosselklappenöffnungswinkel DKW. In einem ersten Kennfeld KF1 der elektronischen Motorsteuerungseinrichtung sind zu verschiedenen Werten dieses Drosselklappenöffnungs- winkels zugehörige Werte für den reduzierten Querschnitt der Drosselklappe Ârdk abgespeichert. Das Teilsystem "Saugrohrmodell" in den Figuren 3 und 4 repräsentiert das durch Gleichungen (5.2) und (8.1) beschriebene Verhalten.
- Führungsgrößen der Modellregelkreise sind die Meßwerte der über ein Segment gemittelten Größen des Lufmassenstromes an der Drosselklappe \hat{m}_{DK_LMM} und des Saugrohrdruckes P_{S_SEN} . Werden als Regler in den Modellkreisen PI-Regler eingesetzt, so ist die bleibende Regelabweichung null, d.h. im stationären Fall sind die Modellgrößen und die entsprechenden Meßgrößen identisch.

Die Pulsationserscheinungen des Luftmassenstromes an der Drosselklappe, die vor allem bei 4-Zylindermotoren zu be30 obachten sind, führen bei betragsbildenden Luftmassenmessern zu erheblichen positiven Meßfehlern und somit zu einer stark fehlerbehafteten Führungsgröße. Durch eine Abschaltung des entsprechenden Reglers, d.h. einer Verkleinerung der Reglerparameter kann zum gesteuerten modellgestützten Betrieb übergegangen werden. Bereiche, in denen die genannten Pulsationen auftreten, können somit mit dem selben Verfahren unter Berücksichtigung dynamischer Zusammenhänge behandelt werden,

wie diejenigen Bereiche, in denen eine nahezu ungestörte Führungsgröße vorliegt. Im Gegensatz zu Verfahren, die relevante Meßwerte nur in stationären Betriebspunkten berücksichtigen, bleibt das beschriebene System nahezu uneingeschränkt arbeitsfähig. Bei Ausfall des Signals des Luftmassenmessers oder des Drosselklappenstellungsfühlers ist das vorgestellte System in der Lage, ein entsprechendes Ersatzsignal zu bilden. Bei Ausfall der Führungsgröße muß der gesteuerte Betrieb realisiert werden, während im anderen Fall der geregelte Betrieb die kaum beeinträchtigte Funktionsfähigkeit des Systems garantiert.

Der Block "Saugrohrmodell" repräsentiert die Verhältnisse wie sie anhand der Gleichungen (5.2) und (8.1) beschrieben sind und hat demzufolge als Ausgangsgrößen die Modellgrößen \hat{P}_S und \hat{m}_{DK} , sowie den Wert für den Frischgasmassenstrom \hat{m}_{ZM_FG} in den Zylinder der Brennkraftmaschine, der als Grundlage zur Bestimmung der Basiseinspritzzeit herangezogen wird. Nach der Modellierung des Sensorübertragungsverhaltens des Luftmassenmessers und des Saugrohrdrucksensors (Gleichungen 12.0 bzw. 13.0) werden die Modellgrößen \hat{P}_S und \hat{m}_{DK} einer Mittelung gemäß Gleichung (12.1) bzw. (13.1) unterzogen, so daß die gemittelten Größen $\hat{P}_{S_SEN_MT}$, $\hat{m}_{DK_LMM_MT}$ und der vom Saugrohrdrucksensor gemessene Wert P_{S_SEN} bzw der vom Luftmassenmesser gemessene Luftmassenstrom \hat{m}_{DK_LMM} jeweils einer Vergleichsstelle 23, 24 zugeführt werden können.

Die Differenz zwischen der Meßgröße und der Modellgröße des gemittelten Massenstromes an der Drosselklappe, die an der Vergleichstelle 24 gebildet wird, dient in Figur 3 und Figur 4 als Grundlage zur Berechnung des Korrekturwertes $\Delta \hat{A}_{RDK}$ im Regler 27. Die Modellgröße des reduzierten Querschnittes wird entsprechend der Gleichung (11.0) gebildet und gestattet die Korrektur der Modellgröße des Massenstromes an der Drossel- klappe im stationären und instationärem Motorbetrieb.

In Figur 3 wird die Differenz zwischen der gemittelten Meßgröße und der entsprechenden Modellgröße des Saugrohrdrucks zur Berechnung eines Korrekturwertes $\Delta \hat{A}_{RRG}$ zur Beeinflussung des Restgasmassenstromes an dem AGR-Ventil verwendet. Überschreitet die Korrekturgröße $\Delta \hat{A}_{RRG}$ eine in einer Schwellwertstufe 29 festgelegte Schwelle, so erfolgt die Korrektur des Abgasgegendruckes \hat{P}_{A} in positiver bzw. negativer Richtung entsprechend des Vorzeichens von $\Delta \hat{A}_{RRG}$.

- In Figur 4 wird die Differenz zwischen der gemittelten Meßgröße und der entsprechenden Modellgröße des Saugrohrdruckes zur Korrektur des Massenstromes in den Zylinder durch eine Beeinflussung von γ₁ verwendet.
- Das in Figur 3 vorgestellte Verfahren bietet den Vorzug, daß auch bei Parameterfehlern des Modells zur Lastgrößenschätzung glatte Verläufe der Lastgröße zu erwarten sind, da die Differenzenordnung zwischen dem Stelleingriff und der Lastgröße eins beträgt. Allerdings ist eine Schätzung des Umgebungs-
- druckes in Abhängigkeit des Wertes von $\Delta \hat{A}_{RDK}$ bzw. des Druckverhältnisses erforderlich. Das in Figur 4 vorgestellte Verfahren bietet den Vorzug, auch bei großen Druckverhältnissen
 - $rac{P_{\scriptscriptstyle S}}{\hat{P}_{\scriptscriptstyle U}}$ den Massenstrom in den Zylinder in weiten Bereichen än-
- dern zu können. Veränderungen der Durchflußbeiwerte der Ein-25 laßventile sind mit diesem Verfahren gut korrigierbar.

10

Patentansprüche

- 1. Verfahren zum Bestimmen der einströmenden Frischluftmasse in den Zylinder einer Brennkraftmaschine mit
- 5 einem Saugrohr (10) und eine darin angeordnete Drosselklappe (11), sowie eine den Öffnungsgrad (DKW) der Drosselklappe (19) erfassende Sensoreinrichtung (14),
 - einer Abgasrückführeinrichtung (19) mit einem Abgasrückführventil (21), sowie ein den Öffnungsgrad (AGRW) des Abgasrückführventils (21) erfassenden Sensoreinrichtung (22),
 - einem, ein Lastsignal (mok_LMM; Ps_sen) der Brennkraftmaschine erzeugenden Sensor (12; 13)
- einer elektronischen Steuerungseinrichtung, die auf der Grundlage des gemessenen Lastsignals (mdk_LMM; Ps_sen) und der Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine eine Grundeinspritzzeit berechnet.
 - dadurch gekennzeichnet, daß
 - die Verhältnisse im Saugrohr (10) mittels eines Saugrohrfüllungsmodells (Gleichungen 5.2,8.1) nachgebildet werden,
- wobei als Eingangsgrößen des Modells zumindest der Öffnungsgrad (DKW) der Drosselklappe (11), der Öffnungsgrad (AGRW) des Abgasrückführungsventils (21), der Umgebungsdruck (P_U), die Abgastemperatur (T_A), die Temperatur im Saugrohr (T_S) und die Ventilstellung repräsentierende Parameter herangezogen werden,
 - jeweils eine Modellgröße für den Luftmassenstrom (\dot{m}_{DK}) an der Drosselklappe (11) und für den Restgasmassenstrom (\dot{m}_{RG}) am Abgasrückführventil (21) gebildet wird (Gleichung 2.3; 3.0)
- of peweils eine Modellgröße für den Luftmassenstrom in den Zylinder (\hat{m}_{Zyl}) bzw. für den Restgasmassenstrom in den Zylinder $(\hat{m}_{Zyl}R_G)$ als Funktion des Saugrohrdrucks (\hat{P}_S) bzw. des Restgaspartialdruckes (\hat{P}_{RG}) gebildet wird (Gleichung 4.0; 7.0),

- aus den Modellgrößen Luftmassenstrom an der Drosselklappe \hat{m}_{DK}), Restgasmassenstrom am Abgasrückführventil (m_{RG}) und \hat{m}_{CK}
- . Luftmassenstrom in den Zylinder (m_{Zyl}) als bestimmende Größe zur Ermittlung der tatsächlichen Last der Brennkraftmaschi-
- 5 ne der Saugrohrdruck (\hat{P}_s) berechnet wird (Gleichung 5.2),
 - aus den Modellgrößen Restgasmassenstrom am Abgasrückführventil (\hat{m}_{RG}) und Restgasmassenstrom in den Zylinder $(\hat{m}_{Z_{P_L}RG})$ der Restgaspartialdruck (\hat{P}_{RG}) im Saugrohr berechnet wird (Gleichung 8.1)
- 10 aus dem Saugrohrdruck (\hat{P}_S) und dem Restgaspartialdruck ($\hat{P}_{\!\!F\!\!G}$) der Frischgaspartialdruck ($\hat{P}_{\!\!F\!\!G}$) bestimmt und
 - aus dem Zusammenhang zwischen Frischgaspartialdruck (P_{FG}) und Frischluftmassenstrom in den Zylinder (m_{Zyl_FG}) durch Integration die in den Zylinder (17) einströmende Luftmasse (\hat{m}_{Zyl_FG}) erhalten wird.
- Verfahren nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß die Modellgrößen für den Luftmassenstrom (mdk) an der
 Drosselklappe (11) und für den Restgasmassenstrom (mkc) am Abgasrückführventil (21) mit Hilfe der Durchflußgleichung idealer Gase durch Drosselstellen beschrieben werden.
 - 3. Verfahren nach Anspruch 2,
- 25 dadurch gekennzeichnet, daß an den Drosselstellen (11,21) auftretende Srömungsverluste jeweils durch die Verwendung reduzierter Strömungsquerschnitte $(\hat{A}_{RDK}, \hat{A}_{RRG})$ an den Drosselstellen berücksichtigt werden.
 - 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

30

daß die Werte für die reduzierten Querschnitte (Ânox,Ânnc) aus stationären Messungen abhängig vom Öffnungsgrad (AGRW) d s Abgasrückführventils am Motorprüfstand festgelegt und in Kennfeldern (KF1; KF4) eines Speichers der Steuerungseinrichtung abgelegt sind ,

- 7. Verfahren nach Anspruch 1, dad urch gekennzeichnet, daß die Modellgröße für den Restgasmassenstrom in den Zylinder (\hat{m}_{Zyl_RG}) als eine lineare Funktion des Restgaspartialdruk-

WO 97/35106

26

kes (\hat{P}_{RG}) beschrieben wird (Gleichung 7.0) und die Steigung $.(\gamma_i)$ der linearen Funktion abhängig von mindestens einem der Parameter, Drehzahl der Brennkraftmaschine, Zylinderzahl, Saugrohrgeometrie, Temperatur der Luft (TS) im Ansaugrohr 5 (10) und Ventilsteuerzeiten festgelegt sind.

- 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter durch stationäre Messungen am Motorprüf-10 stand ermittelt werden und in Kennfeldern (KF2, KF3) eines Speichers der Steuerungseinrichtung abgelegt sind.
 - 9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- 15 daß das vom Lastsensor (12; 13) gemessene Lastsignal (\dot{m}_{DK} LMM; P_{S_SEN}) zur Korrektur und damit zum Abgleich der Modellgrößen Luftmassenstrom an der Drosselklappe (mpk) und Saugrohrdruck (P_S) in einem Modellregelkreis herangezogen wird, wobei das Lastsignal (m_{DK} μ_{MH} ; P_{S} μ_{MH}) als Führungsgröße des Regelkreises 20 dient.
- 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgleich im stationären und/oder instationären Be-25 trieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird und dabei das Übertragungsverhalten (Gleichung 12.0; 13.0) des Lastsensors (12; 13) berücksichtigt wird.
 - 11. Verfahren nach Anspruch 10,
- 30 dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungsverhalten des Lastsensors (12,13) durch ein System erster Ordnung mit arbeitspunktabhängiger Verzögerungszeit (T1) modelliert wird.
- 35 12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

daß jedem gemessenen Wert des Drosselklappenöffnungsgrades (DKW) ein Wert eines reduzierten Querschnitts der Drossel-klappe (\hat{A}_{RDK}) zugeordnet ist und der Abgleich der Modellgröße Luftmassenstrom an der Drosselklappe (\hat{m}_{DK}) durch Korrektur des reduzierten Querschnitts (\hat{A}_{RDK}) durch eine Korrekturgröße ($\Delta \hat{A}_{RDK}$) derart erfolgt, daß die Regelabweichung zwischen Führungsgröße (\hat{m}_{DK} _LMM) und der Modellgröße (\hat{m}_{DK}) minimiert wird.

- 10 13. Verfahren nach Anspruch 10,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß jedem gemessenen Wert des Öffnungsgrades (AGRW) des Abgasrückführventils (21) Wert eines reduzierten Querschnitts
 der des Abgasrückführventils (ÂRRG) zugeordnet ist und der
- 15 Abgleich der Modellgröße Saugrohrdruck (\hat{P}_S) durch Korrektur des reduzierten Querschnitts (\hat{A}_{RKG}) durch eine Korrekturgröße $(\Delta \hat{A}_{RKG})$ derart erfolgt, daß die Regelabweichung zwischen Führungsgröße (P_{S-SEN}) und der Modellgröße (\hat{P}_S) minimiert wird.
- 20 14. Verfahren nach Anspruch 12 und 13,,

 'd a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

 daß die Modellgrößen vor dem Abgleich einer Mittelung

 (Gleichung 12.1;13.1) unterzogen werden.
- 25 15. Verfahren nach Anspruch 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß dann, wenn die Korrekturgröße (ΔÂμκς) einen vorgegebenen Schwellenwert in positiver Richtung überschreitet, eine Erhöhung der Modellgröße Abgasgegendruck (P̂_A) erfolgt und wenn 30 die Korrekturgröße (ΔÂμκς) eine negative, applizierbare Schwelle unterschreitet, eine Erniedrigung der Modellgröße Abgasgegendruck (P̂_A) erfolgt
- 16. Verfahren nach Anspruch 1,35 dadurch gekennzeichnet,

28

daß die in den Zylinder einströmende Luftmasse (m_{Zyl}) durch die Beziehung

$$\hat{m}_{2yl}[N] = \frac{T_A}{2} \cdot \left(\hat{m}_{2yl}[N-1] + \hat{m}_{2yl}[N] \right)$$

5 berechnet wird, mit

10

 $\Gamma_{\mathbf{A}}$: Abtastzeit oder Segmentzeit

 $m_{Zyl}[N]$ Modellgröße des Luftmassenstromes während des aktuellen Abtastschrittes oder Segments

 $m_{Zyl}[N-1]$ Modellgröße des Luftmassenstromes während des vergangenen Abtastschrittes oder Segmentes.

17. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

·daß die in den Zylinder der Brennkraftmaschine einströmende Frischgasmasse $(\hat{m}_{Zyl}[N+H])$ für einen, bezüglich der aktuellen Lasterfassung zum Abtastzeitpunkt (N) in der Zukunft liegenden, bestimmten Vorhersagehorizont (H) auf der Grundlage der zeitlichen Änderungen der Modellgrößen Partialdrücke $(\hat{P}_{FG}, \hat{P}_{RG})$ im Saugrohr (10) geschätzt wird.

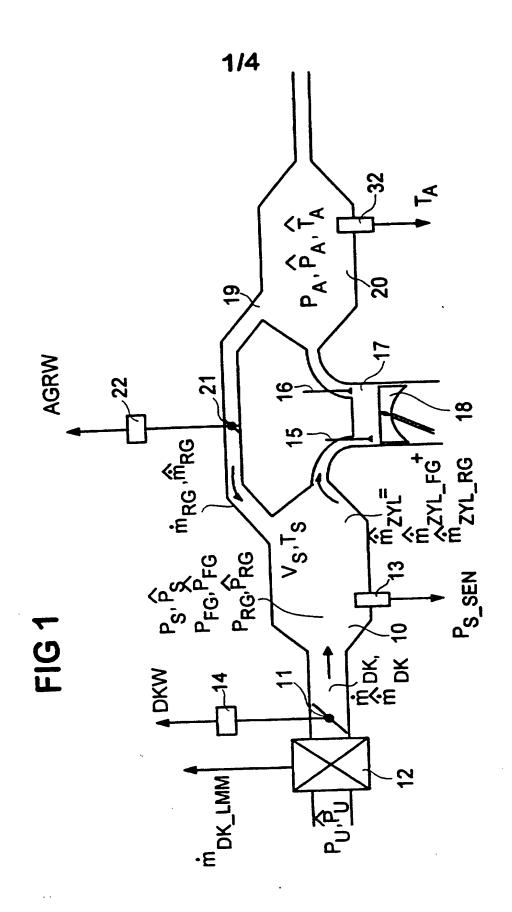
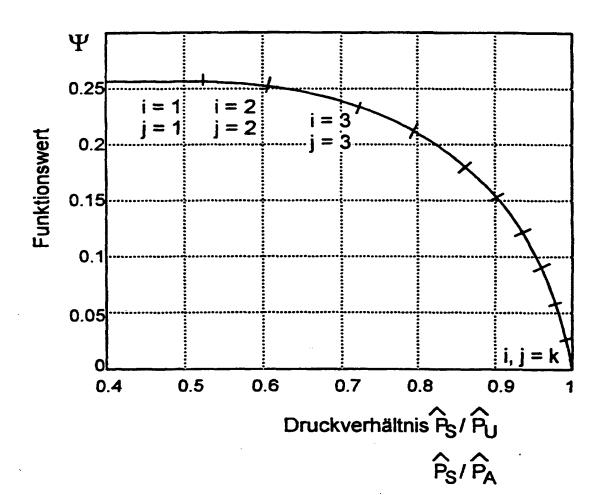
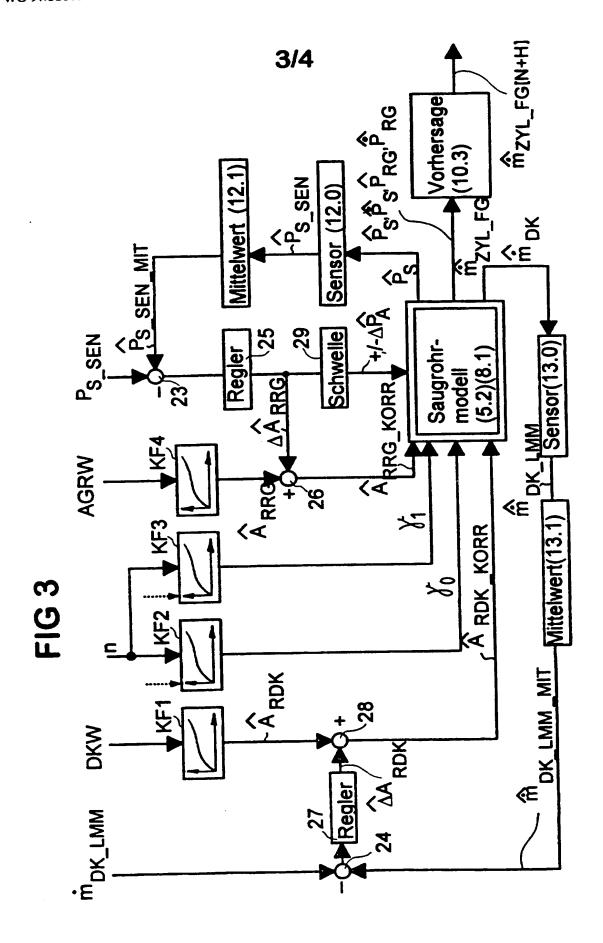
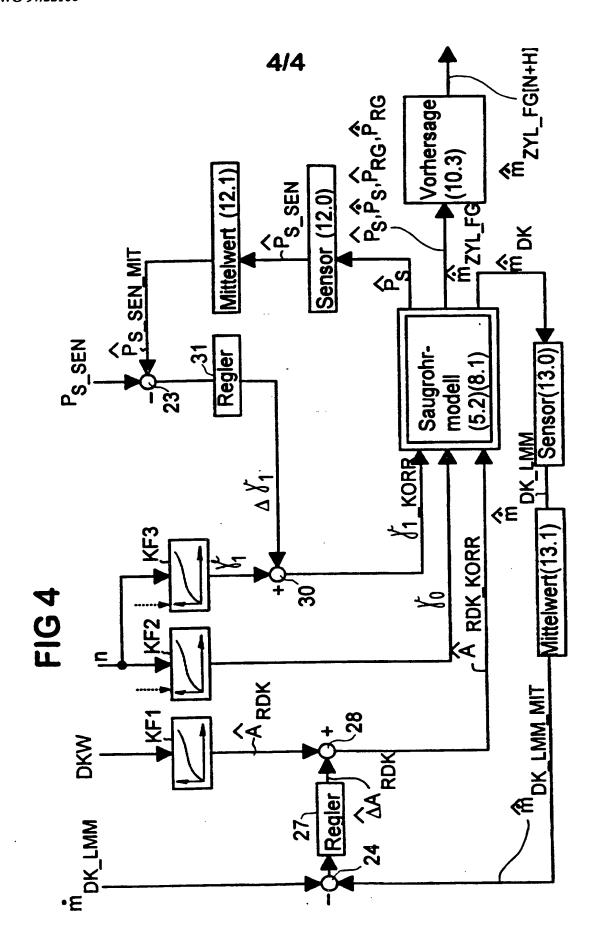


FIG 2







WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

F02D 41/18, 41/14, 21/08

A3

(11) Internati nale Veröffentlichungsnummer:

GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

WO 97/35106

(81) Bestimmungsstaaten: BR, CN, CZ, KR, MX, US, cu-

ropäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB,

(43) Internati nales

Veröffentlichungsdatum:

25. September 1997 (25.09.97)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE97/00529

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. März 1997 (14.03.97)

(30) Prioritätsdaten:

196 10 290.1

15. März 1996 (15.03.96)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacher Platz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TREINIES, Stefan [DE/DE]; Käthe-Kollwitz-Strasse 65, D-93055 Regensburg (DE). RÖSEL, Gerd [DE/DE]; Meisenweg 3, D-01237 Dresden (DE). ENGL, Maximilian [DE/DE]; Bayerwaldstrasse 9, D-93059 Regensburg (DE).

Veröffentlicht

Mis internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Anderungen eintreffen.

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchen-30. Oktober 1997 (30.10.97) berichts:

(54) Title: PROCESS FOR MODEL-ASSISTED DETERMINATION OF FRESH AIR MASS FLOWING INTO THE CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH EXTERNAL EXHAUST-GAS RECYCLING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM MODELLGESTÜTZTEN BESTIMMEN DER IN DIE ZYLINDER EINER BRENNKRAFT-MASCHINE EINSTRÖMENDEN FRISCHLUFTMASSE BEI EXTERNER ABGASRÜCKFÜHRUNG

(57) Abstract

Calculation of the actual fresh air mass flowing into the cylinder makes use of an inlet pipe filling model, the model description being based on a non-linear differential equation. The selected model formulation includes the modelling of the external exhaust-gas recycling of variable inlet systems and systems with variable valve control. This model-assisted load determination can be used with engine control systems based on air mass or inlet pipe pressure. A correction algorithm in the form of a model control loop allows continual improvement in accuracy in cases where the model parameters are inexact, i.e. model equalisation in stationary and non-stationary operation.

(57) Zusammenfassung

Berechnung der tatsächlich in den Zylinder einströmenden Frischluftmasse mit Hilfe eines Saugrohrfüllungsmodells, wobei die Modellbeschreibung auf einer nichtlinearen Differentialgleichung basiert. Der gewählte Modellansatz beinhaltet dabei die Modellierung der externen Abgasrückführung, von variablen Saugsystemen und von Systemen mit variabler Ventilsteuerung. Diese modellgestützte Lasterfassung ist bei luftmassengeführten und bei saugrohrdruckgeführten Motorsteuerungen einsetzbar. Ein Korrekturalgorithmus in Form eines Modellregelkreises gestattet bei Ungenauigkeiten von Modellparametern eine permanente Genauigkeitsverbesserung, d.h. einen Modellabgleich im stationären und instationären Betrieb.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LŤ	Litauen	SK	Słowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
ΑU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungam	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	1E	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten vor
CA	Kanada	ľŤ	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
Ci	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neusceland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	ΚZ	Kasachstan	RO	Rumanien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

intern nat Application No PC1/DE 97/00529

A. CLASS IPC 6	F02D41/18 F02D41/14 F02D2	1/08	
According	to International Patent Classification (IPC) or to both national c	assification and IPC	
	S SEARCHED		
Minimum of IPC 6	documentation searched (classification system followed by classi FO2D	fication symbols)	
Documenta	ation searched other than minimum documentation to the extent t	hat such documents are included in the fields :	icarched
Electronic	data base consulted during the international search (name of data	s base and, where practical, search terms used)	
C. DOCUN	MENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Calegory *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the	he relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 205 260 A (SHINSUKE TAKAH) 27 April 1993 see column 1, line 9 - line 20 see column 2, line 38 - line 69 see column 4, line 34 - column see figures 1-5	5	1,2
A	wo 95 06295 A (MOTOROLA INC) 2 see page 18, line 16 - page 20, see page 44, line 31 - page 51, see figures 4,5,10-14	, line 18	1,3-6,8, 17
		-/	
X Furt	ther documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed	in annex.
"A" docum consid "E" earlier filing "L" docum which citatio "O" docum other "P" docum later ti	nent which may throw doubts on priority claim(s) or is cited to establish the publication date of another on or other special reason (as specified) nent referring to an oral disclosure, use, exhibition or means tent published prior to the international filing date but than the priority date claimed actual completion of the international search	To later document published after the interpretate of priority date and not in conflict we cated to understand the principle or the invention. "X" document of particular relevance; the cannot be considered novel or cannot involve an inventive step when the decrement of particular relevance; the cannot be considered to involve an indocument is combined with one or in ments, such combination being obvious the art. "&" document member of the same patent.	claimed invention but the considered to the considered to comment is taken alone claimed invention inventive step when the tore other such docu- tus to a person skilled
5	September 1997	1 5. 09. 97	
Name and i	mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authonzed officer Lapeyronnie, P	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

interr mai Application No PC1/DE 97/00529

C.(Continue	tion) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	FC170E 377003E3
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	EP 0 719 919 A (HONDA MOTOR CO LTD) 3 July 1996 see page 6, line 11 - line 50 see page 7, line 30 - page 12, line 55 see figures 1,2,8-26	1-3, 9-11,16, 17
A	US 5 094 213 A (DUDEK KENNETH P ET AL) 10 March 1992 see figures 1,3,4 see column 2, line 31 - line 63 see column 3, line 15 - column 4, line 62 see column 8, line 48 - column 9, line 47	1,4,6,8,

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interne nai Application No PCT/DE 97/00529

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5205260 A	27-04-93	JP 4311643 A DE 4211851 A	04-11-92 15-10-92
WO 9506295 A	02-03-95	US 5535135 A EP 0665969 A JP 8503076 T	09-07-96 09-08-95 02-04-96
EP 0719919 A	03-07-96	EP 0719930 A JP 8232723 A JP 8291737 A	03-07-96 10-09-96 05-11-96
US 5094213 A	10-03-92	NONE	

Form PCT/ISA/218 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interny nales Aktenzeichen PC1/DE 97/00529

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 F02D41/18 F02D41/14 F02 F02D21/08 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK B. RECHERCHIERTE GEBIETE echerchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 FO2D Recherchierte aber nicht zum Mindestprufstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Betr. Anspruch Nr. Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile US 5 205 260 A (SHINSUKE TAKAHASHI ET AL.) 1.2 X 27.April 1993 siehe Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 20 siehe Spalte 2, Zeile 38 - Zeile 65 siehe Spalte 4, Zeile 34 - Spalte 11, Zeile 36 siehe Abbildungen 1-5 1,3-6,8, WO 95 06295 A (MOTOROLA INC) 2.März 1995 Α siehe Seite 18, Zeile 16 - Seite 20, Zeile siehe Seite 44, Zeile 31 - Seite 51, Zeile siehe Abbildungen 4,5,10-14 -/--Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu \mathbf{x} Siehe Anhang Patentiamilie Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenischer Tätigkeit berühend betrachtet werden "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erschenen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbencht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie Veröffentlichung von besonderer Bedeutung die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit berühend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategone in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist ausgenum;

O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P' Veröffentlichungen, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Veröffentlichungen, die Mitglied derselben Patentfamilie ist Datum des Abschlusses der internationalen Recherche Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 15.09.97 5.September 1997 Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Bevollmächtigter Bediensteter Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Ripswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Lapeyronnie, P

Formblatt PCT/ISA/210 (Biatt 2) (Juli 1992)

Fax: (+31-70) 340-3016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internet males Aktenzeichen
PC'i / DE 97/00529

ng) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN	
Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
EP 0 719 919 A (HONDA MOTOR CO LTD) 3.Juli 1996 siehe Seite 6, Zeile 11 - Zeile 50 siehe Seite 7, Zeile 30 - Seite 12, Zeile 55	1-3, 9-11,16, 17
siehe Abbildungen 1,2,8-26	
US 5 094 213 A (DUDEK KENNETH P ET AL) 10.März 1992 siehe Abbildungen 1,3,4 siehe Spalte 2, Zeile 31 - Zeile 63 siehe Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 4, Zeile	1,4,6,8,
siehe Spalte 8, Zeile 48 - Spalte 9, Zeile 47	
	siehe Seite 6, Zeile 11 - Zeile 50 siehe Seite 7, Zeile 30 - Seite 12, Zeile 55 siehe Abbildungen 1,2,8-26 US 5 094 213 A (DUDEK KENNETH P ET AL) 10.März 1992 siehe Abbildungen 1,3,4 siehe Spalte 2, Zeile 31 - Zeile 63 siehe Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 4, Zeile 62 siehe Spalte 8, Zeile 48 - Spalte 9, Zeile 47

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung ... die zur selben Patentfamilie gehören

Interno males Aktenzeichen
PC1/DE 97/00529

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5205260 A	27-04-93	JP 4311643 A DE 4211851 A	04-11-92 15-10-92
WO 9506295 A	02-03-95	US 5535135 A EP 0665969 A JP 8503076 T	09-07-96 09-08-95 02-04-96
EP 0719919 A	03-07-96	EP 0719930 A JP 8232723 A JP 8291737 A	03-07-96 10-09-96 05-11-96
US 5094213 A	10-03-92	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)